

雷达显示四



上海科学技术出版社

324

73.46324
710
12

· 雷达技术 ·

雷 达 显 示 器

《雷达技术》编写组



上海科学技术出版社

1106986

DSR-39
内 容 提 要

《雷达显示器》内容包括距离显示器、环视显示器、直角坐标显示器等较为常见的雷达显示设备及其电路，并对雷达显示设备中常用的示波管原理作了较为详细的介绍，书末附录中给出了各类国产示波管的典型参数。

本书可供雷达专业的学员和从事雷达研制、生产和使用的读者参阅。

雷 达 技 术
雷 达 显 示 器

《雷达技术》编写组

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷六厂印刷

开本 850×1156 1/32 印张 7.875 字数 204,000

1978年9月第1版 1978年9月第1次印刷

印数 1-17,000

书号: 15119·1941 定价: 0.78 元

前 言

《雷达技术》是一套中级技术读物，目的是为雷达技术专业的学员和从事雷达研制、生产和使用的读者提供雷达技术的一些基本知识。由于我国半导体技术和雷达技术的迅速发展，新型的器件和电路层出不穷，故不能将所有雷达的电路都纳入本书。

遵循伟大领袖毛主席关于“教材要彻底改革”的教导，在本书编写过程中，编写组的同志努力按照“独立自主”、“自力更生”和“洋为中用”的方针，力求使本书达到理论与实践的统一。

《雷达显示器》一书以示波管终端指示装置作为主要讨论对象，介绍常用的雷达显示器及其电路，包括距离显示器，环视显示器，直角坐标显示器等。

在本书的编写过程中，得到了上海、南京等地的工人、技术人员、教师的大力支持和热情帮助，许多工厂、院校和研究所参与了本书的审稿和定稿工作，并提出了许多修改意见，对我们修正错误，提高书稿质量起了十分有益的作用，在此表示衷心感谢。由于我们的实践经验和理论水平有限，书中肯定有不少缺点和错误，殷切期望广大工农兵读者和技术人员提出批评建议。

《雷达技术》编写组

1977年11月

目 录

第一章 概 述

- 1-1 雷达显示器的作用和类型1
- 1-2 雷达显示器的组成和雷达站对显示器的要求5

第二章 示 波 管

- 2-1 引言13
- 2-2 电子束的聚焦和示波管的聚焦装置14
- 2-3 电子束的偏转和示波管的偏转系统30
- 2-4 示波管的合理选择和正确使用46

第三章 距离显示器

- 3-1 引言56
- 3-2 直线扫描的距离(A型)显示器58
- 3-3 距离扫描系统59
- 3-4 距离刻度系统, 定时-测距组合75
- 3-5 采用电子放大镜和可移刻度的 A/R 型显示器119
- 3-6 采用圆形扫描的 J 型显示器132
- 附: 距离自动跟踪138

第四章 环视显示器

- 4-1 引言149
- 4-2 旋转线圈式环视(P型)显示器152
- 4-3 固定线圈式环视显示器175

第五章 直角坐标显示器

- 5-1 “距离-方位角”(B型)显示器的工作原理199

5-2 典型 B 式显示器.....	210
5-3 “距离-高低(仰)角”(E 型)显示器	222
5-4 “距离-高度”(RHI 型)显示器	229

附 录

附录一 各类国产电子束管的典型参数.....	238
附录二 各类屏幕性能.....	244
附录三 电子束管型号的命名方法.....	246

第一章 概 述

1-1 雷达显示器的作用和类型

雷达是靠目标对无线电波的反射作用来测定目标位置的，因此有时称其为无线电定位技术，为了完成这个任务，通常一具脉冲制的雷达站中包括发射机和接收机两部分，接收机和发射机公用一个天线，为此需有一个天线开关设备转接，如图 1-1 所示。雷达显示器作为雷达站的终端设备，它的任务是总结雷达站各部分的工作，并用信号幅度或者以亮度形式来表达和确定被测目标是否存在，以及测定目标在空间的位置。

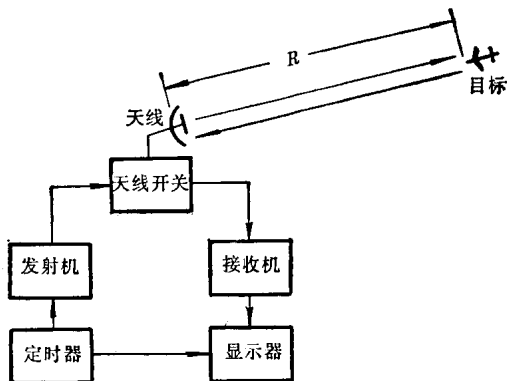


图 1-1 脉冲制雷达的组成

对空间目标(飞机、导弹)来说，目标位置可由斜距 R 、方位角 α 和仰角 β (或高度 H) 三个坐标来表示，如图 1-2 所示。图中， Ox_1x_2 为一水平面， Oy 是其垂线， H 表示目标高度， H_0 表示水平距离。对一些陆上(坦克)和海面(船舰)目标来说，只要知道距离和方位后，就可定出目标的位置。因此，雷达显示器就要根据不同用途的要求，指示出斜距、方位和仰角(或高度)三个坐标中的全部

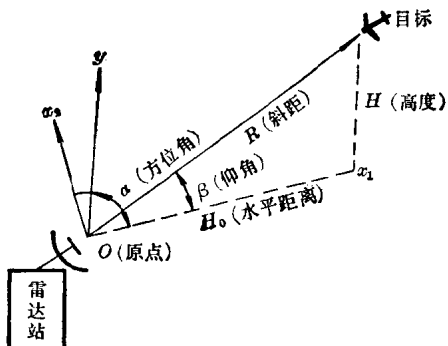


图 1-2 空间目标的三个坐标

或部分数据。为要完成这些任务，有时需要用几个雷达显示器配合使用，一些个别的数据也可由电表或数码进行指示。

目标斜距 \$R\$ 的测定是根据目标对无线电波的反射原理，把距离的测量转变为时间测量的方法来完成的，如图 1-3 所示。若以 \$t\$ 表示无线电(脉冲)波在雷达站和目标间往返一次所需的时间，而电磁波在空间是以光速 \$c(3 \times 10^8\$ 米/秒)传播的，因而目标与雷达站之间的距离 \$R\$ 为：

$$R = \frac{ct}{2} \quad (1-1)$$

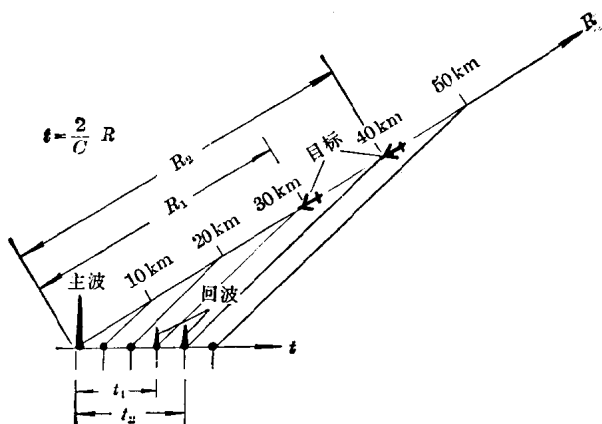


图 1-3 距离和时间一一对应

或改写成:

$$\frac{R}{t} = \frac{c}{2} = \frac{3 \times 10^8 \text{ 米/秒}}{2} = 150 \text{ 米/微秒 (m/}\mu\text{s)}$$

即在雷达显示器上所指示的时间间隔每一微秒相应的距离为 150 米,也就是说时间和距离有一一对应的关系:

$$1 \text{ 微秒 } (\mu\text{s}) \Leftrightarrow 150 \text{ 米 (m)}$$

$$6.67 \text{ 微秒} \Leftrightarrow 1000 \text{ 米 (1 公里)}$$

$$12.3 \text{ 微秒} \Leftrightarrow 1 \text{ 哩}$$

$$(1 \text{ 哩} = 1.852 \text{ 公里})$$

因此只要我们设法测量出回波相对于主波间的时间间隔 t ,便能方便地算出目标物离开雷达站之间的距离。

例: $t_1 = 200 \mu\text{s}$, 则

$$R_1 = 150 \text{ m/}\mu\text{s} \times (200 \mu\text{s}) = 30 \text{ km}$$

或

$$R_1 = \frac{200 \mu\text{s}}{6.67 \mu\text{s/km}} = 30 \text{ km}$$

若是海上目标,则常用哩计算:

$$R = \frac{200 \mu\text{s}}{12.3 \mu\text{s/哩}} = 15.44 \text{ 哩}$$

必须指出,在通用的示波器上是用时间来刻度(标记)的,而在雷达显示器上鉴于距离和时间有一一对应的关系,通常就直接采用距离进行刻度(标记),我们通常称为距离标志(或简称距标)

仅仅用来测量距离的显示器我们称为距离显示器。常见的有采用直线扫描的 A 型显示器和采用电子放大镜的 A/R 型显示器,此外有些场合为了提高测距精度而采用圆周扫描的 J 型显示器等。其画面分别如图 1-4(a)、(b),图 1-5 所示。

目标角坐标(方位角 α 和仰角 β)的测量是根据天线具有方向性,以及波束在空间的扫描和显示器的方位扫描相一致的原理。显示器的方位扫描方式是使距离扫描线在显示器屏幕上旋转或平移,并严格地与天线波束的扫描同步。目标所产生的回波在屏幕上以亮点的形式显示在某一条扫描线上,扫描线在屏幕上所处的位置就指示了目标方位的数据。

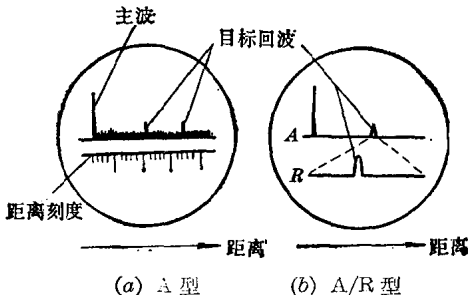


图 1-4 直线扫描的距离显示器画面

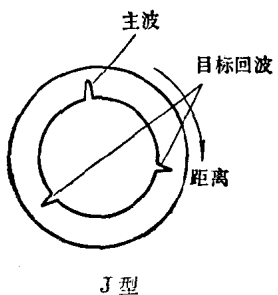


图 1-5 圆周扫描的距离显示器画面

距离扫描线在屏幕上旋转的显示器称为径向圆扫描显示器 (P型), 其画面如图 1-6(a) 所示, 为清晰起见, 图 1-6(b) 画出了

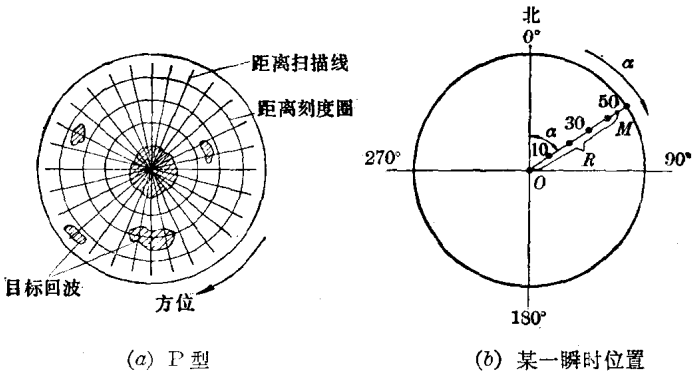


图 1-6 径向圆扫描显示器画面

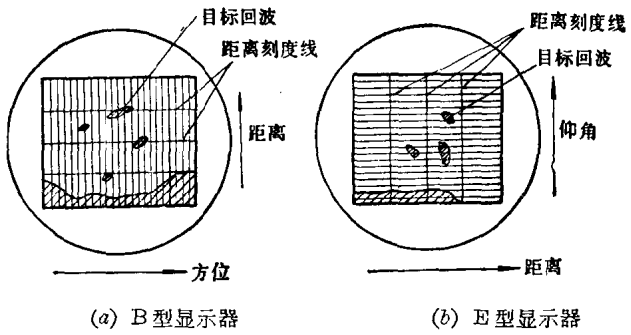


图 1-7 直角坐标显示器画面

某一瞬时位置时的情况。图中， M 表示目标， R 是其斜距， α 为方位角。

距离扫描线在屏幕上平移的显示器称为直角坐标显示器，指示距离和方位角的显示器称为 B 型显示器，其画面如图 1-7(a) 所示。指示距离和仰角的显示器称 E 型显示器，其画面如图 1-7(b) 所示。

除上述按扫描方式分类外，雷达显示器还可按显示的坐标数目分，也可按调制方式分类，为便于比较，兹把各类显示器的分类的方法列于如表 1-1，各类显示器的画面如表 1-2 所示。

表 1-1 显示器的分类表

按扫描方式分	按 显 示 坐 标 数 目 分		
	一 度 空 间	二 度 空 间	三 度 空 间
	按 调 制 方 式 分		
	偏 转 调 制	亮 度 调 制	
直 线 扫 描	A A/R K、L、M、N	B E 微 B、C、F、G	H、D
圆 周 扫 描	J		
径 向 圆 扫 描		P(PPI)	I

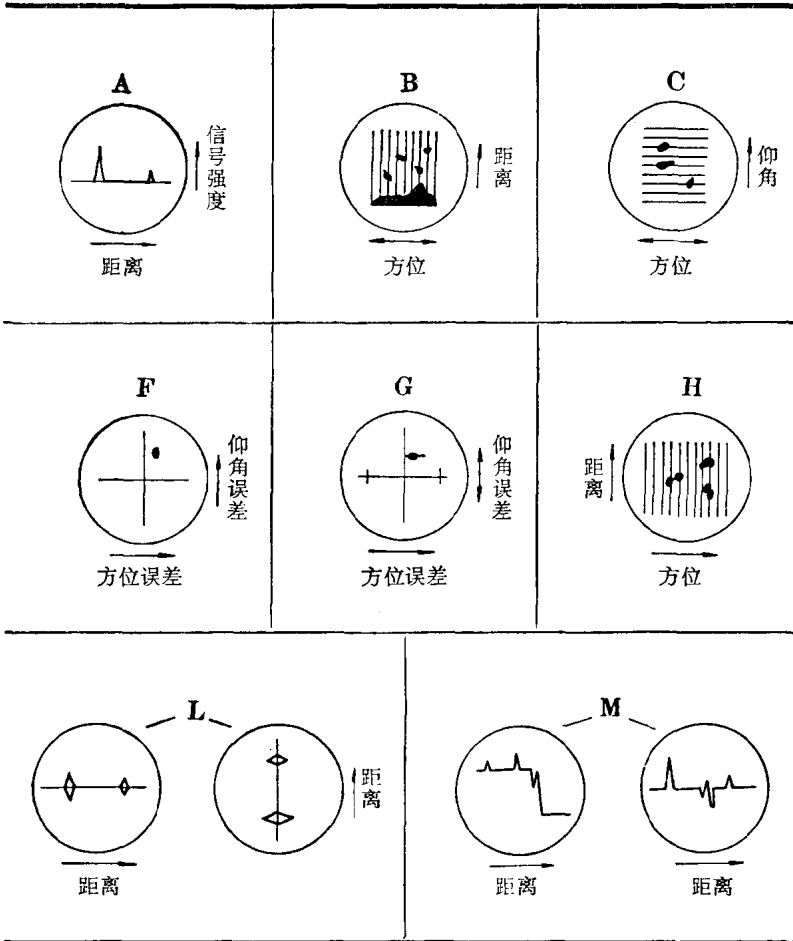
1-2 雷达显示器的组成和雷达站对显示器的要求

雷达显示器主要由下列几部分组成：

1. 示波管及辅助电路；
2. 扫描部分；
3. 刻度部分；
4. 视频放大部分。

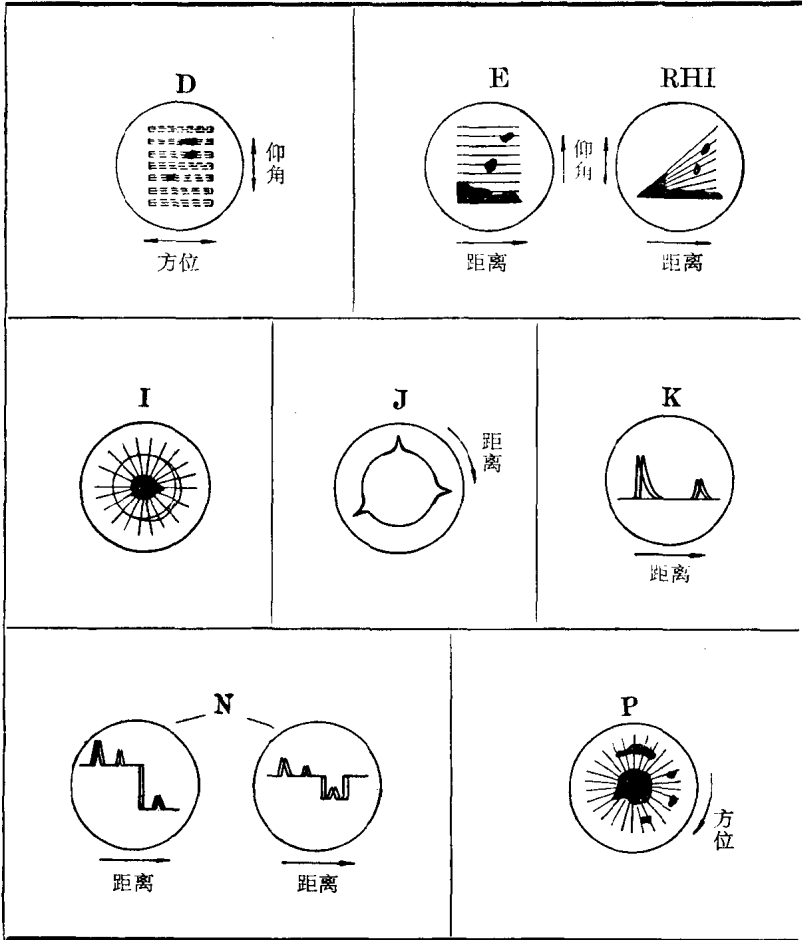
一具典型的雷达显示器方框图如图 1-8(a) 所示，它与雷达站

表 1-2 各类

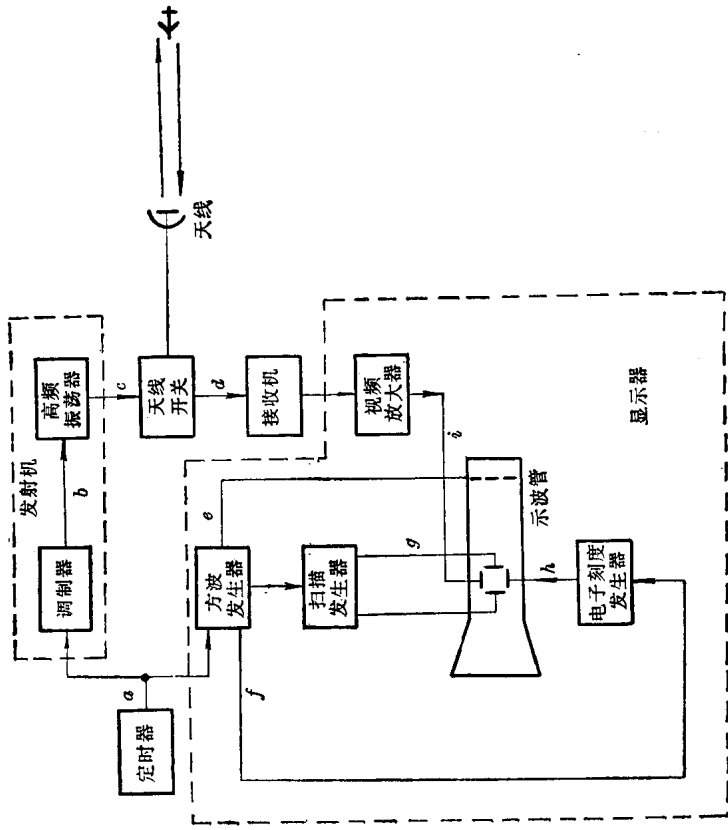


- 注: A 型 距离显示器,水平方向表示距离,垂直方向表示信号强度。
 B 型 距离-方位显示器,水平方向表示方位,垂直方向表示距离。
 C 型 方位-仰角显示器,水平方向表示方位,垂直方向表示仰角。
 D 型 由信号在方位上亮迹的宽度粗略地表示距离信息。
 E 型 距离-仰角显示器,右方是距离高度显示器(RHI)。
 F 型 只表示单个目标的信号,当没有信号时,亮点展成一圆。
 G 型 只表示单个目标的信号,光点上带有“翅”,“翅”的长短大约地比例于距离。
 H 型 信号表示为两点,左边的点给出距离和方位,两点的高低粗略地指示仰角。

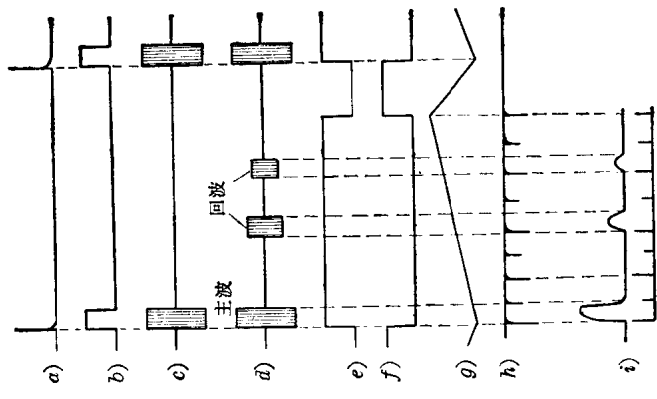
显示器的画面



- I 型 天线作圆锥扫描, 信号表示为一圆, 它的半径比例于距离, 加亮的部分表示圆锥体轴至目标的方向。
- J 型 类似于 A 型, 仅扫描线为一圆, 且信号沿径向偏转。
- K 型 具有交替工作的 A 型, 并列的信号来自两个天线, 当两信号幅度相等时, 表示天线对准目标。
- L 型 与 K 型相似, 但由天线得到的信号是对列的。
- M 型 具有台阶或凹口的 A 型, 当台阶或凹口对准信号时, 可在度盘上或由计数器读出距离。
- N 型 L 型和 K 型的结合。
- P 型 环视显示器, 其距离由径向间距表示。



(a) 方框图



(b) 波形图

图 1-8 雷达显示器(幅度调制)的方框图及各点波形

的其他分机协同工作,在时间上保持严格的同步,图中各主要点的波形如图 1-8(b)所示。

定时器是雷达站各分机协同工作的“指挥”,它发出信号(a),一方面促使雷达发射机发出射频搜索脉冲(主波)(c),射频脉冲的宽度由调制器形成的视频脉冲(b)所决定。与此同时,信号(a)同时“通知”显示器工作,开始计时,即发射机与显示器的工作是严格同步的。

显示器中的方波发生器在定时器的触发脉冲作用下,形成正负极性的矩形脉冲波。负极性矩形脉冲(f)控制扫描发生器,产生锯齿波电压(g),加到电子束管的水平偏转板上,使电子束轰击萤光屏所产生的光点自左至右地在屏幕上移动,从而形成扫描线,光点移动的速度由锯齿波电压上升的速度决定。正极性矩形脉冲(e)加至电子束管的控制极,使屏上的扫描线在扫描正程时间辉亮,而在回扫(逆程)时以负偏压截止电子束,从而使回扫线消隐。

发射机发出的射频(搜索)脉冲,遇目标反射回来,此信号(d)由天线接收后,经接收机变换和放大,获得视频脉冲,再经视频放大器放大,以足够大的视频脉冲信号加至电子束管的垂直偏转板上。在每一个脉冲出现期间,光点在水平偏转的同时,垂直于扫描线产生偏转,结果在扫描线上就形成了脉冲尖峰(i),它与视频脉冲信号一致。显示器上的第一个脉冲表示发射的主波,它是发射机发出的射频信号由于天线开关漏入接收机而形成的,其余的脉冲波则表示由目标反射回来的回波信号,主波和回波的时间间隔表示目标与雷达站之间的距离。当一个扫描过程结束后,光点便返回起点,等待下一个触发脉冲到来后再次扫描,由于触发脉冲是周期性的,因而光点便在萤光屏上周而复始地移动。

由于采用线性较好的锯齿波扫描,因而扫描线的长度与时间成正比,又如前所述,时间与目标距离成正比,因此在扫描线的下面,可以等间距地进行距离刻度,这样就足够精确地读出处于扫描线上任何位置的目标距离。若刻度尺的零点与搜索脉冲(主波)的起点相重合,则目标与雷达站之间的距离,可由回波信号的起始

点直接读出。为了进一步提高刻度的精度，常采用电刻度代替上述机械刻度。电刻度是频率(周期)很稳定的尖脉冲串(称校准标志，或距标)。按照雷达的作用距离，通常使两个脉冲间相应的距离为1~10公里(浬)。

在雷达显示器中采用的示波管有静电控制和磁控制的两类，前者采用锯齿波电压加于偏转板上进行扫描，而后者的扫描则依赖锯齿电流加于偏转线圈中完成的。

在要指示两个坐标以上的显示器中，要同时显示出目标的方位角(或仰角)，显示器必须具有与天线旋转相同步的方位扫描机构(旋转或摆动)如图1-9所示。这时示波管的两对互相垂直的偏转板或偏转线圈都被扫描(距离扫描和方位扫描)所占用，因此信

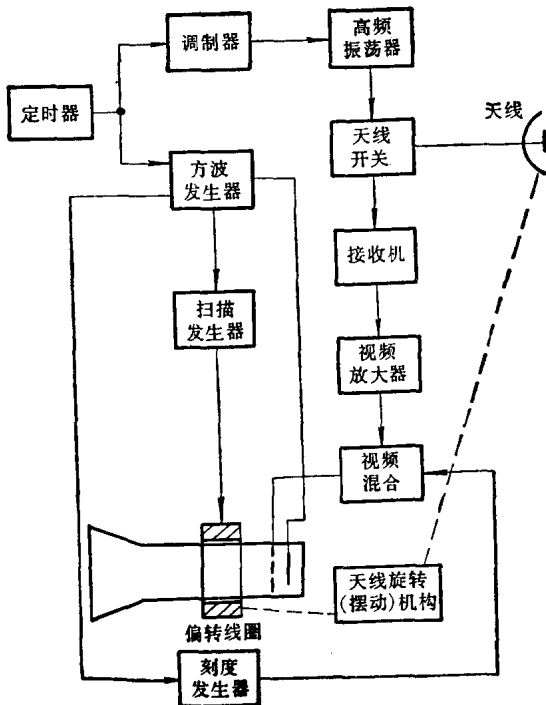


图1-9 雷达显示器(亮度调制)的方框图
 旋转时为P型显示器；摆动时为B型显示器

号只能加至示波管的控制极(或阴极),这样,目标在萤光屏上就以亮点形式出现,即以亮度调制的形式出现,电刻度脉冲也常与信号混合后加在示波管的控制极上,它在萤光屏上表现为等距离的加亮点,这些亮点在显示器作旋转扫描时,就形成了距离刻度圈,如图 1-6(a)所示。在显示器作摆动(直线)扫描时,就形成了距离刻度线,如图 1-7 所示。

上述 A(A/R)型, P(PPI)型和 B型显示器是最有代表性的三种显示器,它们的距离扫描和距离刻度都相差不多,不同之点主要反映在方位扫描和方位刻度两个方面。伟大领袖毛主席教导我们:“为要暴露事物发展过程中的矛盾在其总体上、在其相互联结上的特殊性,就是说暴露事物发展过程的本质,就必须暴露过程中矛盾各方面的特殊性,否则暴露过程的本质成为不可能,这也是我们作研究工作时必须十分注意的。”为此,我们在研究各类显示器的共性的同时必须尤其注意“认识事物的基础的东西”——特殊性(即个性)。

雷达站对显示器的要求是由雷达的战略战术的技术参数决定的,通常有以下几点:

1. 需要在显示器上测读目标坐标的数量及种类:即显示目标的斜距,方位角、仰角(高度)中的一个、二个或三个。

2. 待测目标坐标的量程:即要求显示器能显示多大的距离及方位的范围。

3. 测定坐标的准确度:即显示器的读数与目标真实坐标的误差。

4. 对目标坐标的分辨力:即分辨两个相邻目标的能力。

5. 测定目标所需的时间(即测量速度),方便程度,与其它系统配合使用的关系。

6. 运用参数方面的要求,如体积,重量,工作温度,电源电压、频率和功率消耗,耐振程度等。

在设计显示器时,应以上述要求为依据,抓住主要矛盾,确定那些方面是雷达站对显示器的主要要求,并给以尽可能的满足。以